

Tema 3

Técnicas de compresión de imagen

Contenido

- Introducción
- Compresión imagen
- Clasificación técnicas de codificación
 - Entropía
 - Fuente
- Imagen digital
- Sistemas compresión imágenes
- Estándares de Compresión de imagen:
 - JPEG
 - Otros estándares:
 - JBIG
 -

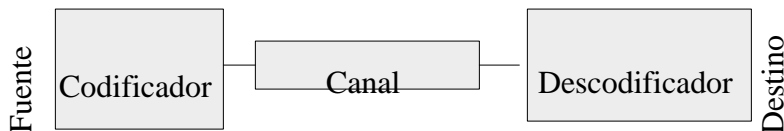
La necesidad de comprimir

- Los sistemas multimedia precisan transmitir y almacenar grandes cantidades de información:
- Tasa de Datos Requerida para Audio de Alta Calidad: 176.4 KBytes/seg.
Almacenamiento (1 hora de audio) = 620 MBytes
- Tasa de Datos Requerida para Video (ITU-R 601): 27 MBytes/seg.
Almacenamiento (1 hora de video) = 97.2 Gbytes

Para conseguir sistemas multimedia viables es preciso comprimir

Teoría de la Información

La teoría de la información incide en cómo transmitir de forma óptima la información de una fuente (compresión) y cómo conseguir la transmisión fiable por un canal con errores (control de errores) [Shannon, 1948]



Teoría de la Información (II)

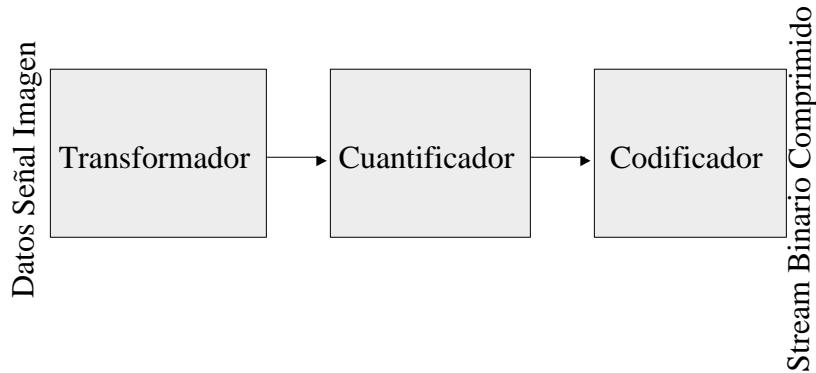
- Dos tipos de **codificación**:
 - de canal,
 - de fuente.
- La compresión es un tipo de codificación de fuente.
- Dos tipos de compresión: con (*lossy*) y sin pérdidas (*lossless*).
- Debe realizarse en un tiempo válido para mantener la interactividad.

Compresión de Imágenes

- La imagen puede comprimirse sin degradación significativa debido a que contiene:
 - redundancia **espacial** (correlación entre pixels vecinos)
 - redundancia **espectral** (correlación entre colores)
 - redundancia del **sistema visual humano**

Compresión de Imágenes (II)

- Sistema de básico compresión de imagen:



Compresión de Imágenes (III)

- Transformador: transformación 1 a 1
 - Por ejemplo, transformada discreta del coseno
- Cuantificador: genera un n° limitado de símbolos
 - relación 1 a muchos => irreversible (pérdidas)
 - Tipos cuantificación: + escalar: elemento a elemento
+ vectorial: por bloques
- Codificador: asigna una representación (secuencia de bits) a cada símbolo obtenido del cuantificador. Relación 1 a 1

Clasificación de las Técnicas de Codificación

Dos tipos:

- ***Codificación de Entropía***: no tienen en cuenta la naturaleza de la información a comprimir (sólo son streams de bits)
- ***Codificación de Fuente***: se tiene en cuenta la naturaleza de la información para mejorar la compresión (e.g. Enmascaramiento del sonido)

Técnicas de Codificación de Entropía

- ***Codificación Run-Length***

La secuencia de elementos de la imagen (o pixels) x_1, x_2, \dots, x_n se traslada a una secuencia de pares $(c_1, l_1), (c_2, l_2) \dots, (c_n, l_n)$ que representan c el color (o la intensidad) y l la longitud de la cadena.

Ej.: 1111112222233333

(1,6),(2,5),(3,5)

Técnicas de Codificación de Entropía

- Supresión de Repeticiones:

n ocurrencias sucesivas de un carácter específico se sustituyen por un carácter especial denominado *flag*.

Ej.: supresión de 0s en un fichero de datos o un fichero bitmap, supresión de espacios en blanco

9840000000 -> 984f7.

Técnicas de Codificación de Entropía

- Sustitución de Patrones: es un método de codificación estadística en el que se sustituye la información por patrones.

Se mantiene una tabla de patrones.

Ej.: Sherlock Holmes -> S*

Watson -> W*

Técnicas de Codificación de Entropía

- Codificación Huffman.

Se basa en codificar los caracteres de acuerdo a su frecuencia de aparición. Se usan menos bits para los caracteres más probables.

- Se mantiene un libro de códigos.

Ej.: Caracteres: a b c d Frecuencia: 15 3 2 7

Códigos: 1100 0101011 0010011 01000
 a b c d

Técnicas de Codificación de Fuente

- **Codificación por Transformada:**

transformación matemática que permite pasar a un dominio más conveniente para la compresión, reduciendo la información a un conjunto discreto de coeficientes.

- Del dominio del tiempo al de la frecuencia:

Transformada Discreta de Fourier (**DFT**).

- Del dominio del espacio al de la frecuencia:

Transformada Discreta del Coseno (**DCT**).

Técnicas de Codificación de Fuente

- Codificación Diferencial (DPCM): se codifica la diferencia entre el valor de una muestra y el que se predice.

$$f_{\text{predicted}}(t_i) = \text{factual}(t_{i-1})$$

$$\Delta f(t_i) = \text{factual}(t_i) - \text{factual}(t_{i-1})$$

t_i	f_{actual}	f_p	$\Delta f(t_i)$
1	9	0	+9
2	10	9	+1
3	8	10	-2
4	7	8	-1
5	6	7	-1
6	7	6	+1
7	9	7	+2

Sistemas Multimedia

lagarcia

15

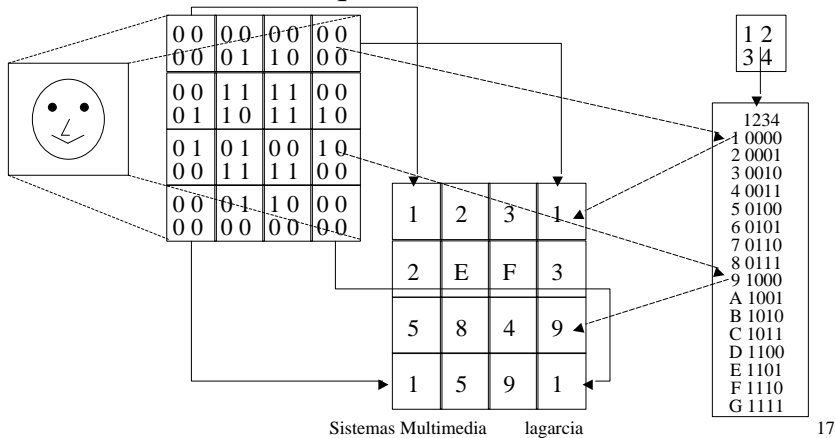
Técnicas de Codificación de Fuente

- Modulación Delta
Codifica el error con un bit o dígito (step).
- Codificación Diferencial Adaptativa (ADPCM)
Predicción se basa en una secuencia de valores anteriores

Técnicas de Codificación de Fuente

- Codificación de Vectores

Se codifican bloques de datos llamados vectores.



Técnicas de Codificación. Resumen

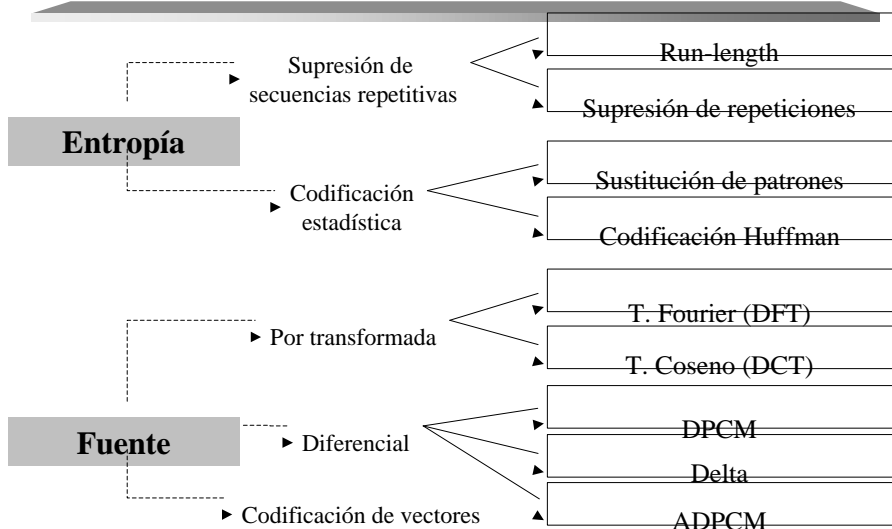


Imagen digital

- Imagen digital: fotos electrónicas tomadas de una escena o escaneadas de documentos.
- Se realiza una muestra de la imagen digital y se confecciona mapa de ella en forma de cuadrícula de puntos (**píxeles**).
- A cada píxel se le asigna un valor tonal representado por un código binario.

```
000000000000
011111111110
010000000010
010000000010
010000000010
011111111110
010000000010
010000000010
010000000010
010000000010
000000000000
```

- Ejemplo: imagen bitonal (0=blanco y 1=negro)

Imagen digital. Conceptos (II)

- **Resolución:** capacidad de distinguir los detalles espaciales finos. Está bastante relacionada con la frecuencia espacial utilizada en el la etapa de muestreo. Por esto se utiliza los “puntos por pulgada” (ppp) o los “píxeles por pulgada” como “sinónimos” de la resolución.
- **Dimensiones de píxel:** medidas horizontales y verticales de una imagen expresadas en píxeles.

Dimensión = tamaño * ppp



- Ejemplo: imagen escaneada a 300 ppp

*Horizontal = 4 * 300 = 1200 píxeles*

*Vertical = 7 * 300 = 2100 píxeles*

- Calcular la resolución (ppp) a la que se ha escaneado una fotografía de 8x10 pulgadas y que se ha digitalizado con un tamaño de 2400x3000 píxeles

Imagen digital. Conceptos (III)

- **Profundidad de bits:** determinada por la cantidad de bits utilizada para definir cada píxel y representa la cantidad de tonos que pueden ser representados.
- **Tipos de imágenes** (según cantidad de tonos)
 - Bitonales: píxeles de 1 bit => dos tonos (típicamente blanco y negro)
 - Escala de grises: píxeles varios bits, típicamente entre 2 y 8.
 - A color: píxeles representados típicamente entre 8 y 24 bits. Los bits suelen dividirse en 3 grupos para los colores fundamentales: rojo, verde y azul.

- **Ejemplo:** una imagen con profundidad de bits 2, permite representar 4 ($=2^2$) tonos: 00, 01, 10, 11. En escala de grises una situación típica sería 00=negro, 11=blanco, 01=gris oscuro y 10=gris claro.

- **Profundidades típicas**
 - 1 bit (2^1) = 2 tonos
 - 2 bit (2^2) = 4 tonos
 - 4 bit (2^4) = 16 tonos
 - 8 bit (2^8) = 256 tonos
 - 24 bit (2^{24}) = 16,7 millones de tonos

Sistemas Multimedia lagarcia

21

Imagen digital. Conceptos (IV)

- **Tamaño de archivo**

Tamaño archivo = (dimensiones píxel * profundidad de bits) / 8

- **Ejemplo:** tamaño de una imagen de 24 bits con dimensiones de píxel: 2048x3072.

Tamaño = $((2048 \times 3072) \times 24) / 8 = 50.331.648$ bytes

- **Formato de archivo:** consisten tanto en los bits que comprende la imagen como en la información de la cabecera acerca de cómo leer e interpretar el archivo. Los formatos varían en:
 - Resolución
 - Profundidad de bits
 - Capacidades de color
 - Soporte para compresión
 - Metadatos

Sistemas Multimedia lagarcia

22

Imagen digital. Conceptos (V)

Nombre *	ITU-T.6**	JBIG/JBIG2	JPEG	LZW	Deflate	Wavelet	ImagePac
Estándar/patentado	Estándar	Estándar	Estándar	Patentado***	Estándar	Estándar o Patentado	Patentado
Sin pérdida/con pérdida	Sin pérdida	Sin pérdida o Con pérdida	Con pérdida	Sin pérdida	Sin pérdida	Sin pérdida o Con pérdida	Con pérdida
Profundidades de bits soportadas	1 bit	Tipicamente de 1 bit hasta 6 bits	8 bits o 24 bits	Tipicamente de 1 bit a 8 bits	8, 16, and 24 bits		24 bits
Resolución múltiple	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Formatos de Archivo y Aplicaciones	Tiff, PDF, fax	TIFF, PDF****, fax	JPEG/JFIF, TIFF, FlashPix, SPIFF, PDF	Zip, TIFF, GIF, PDF, Postscript	PNG, Zip, PDF	JP2, LuraWave, MiSID, ERMapper, DjVu	

Imagen digital. Conceptos (VI)

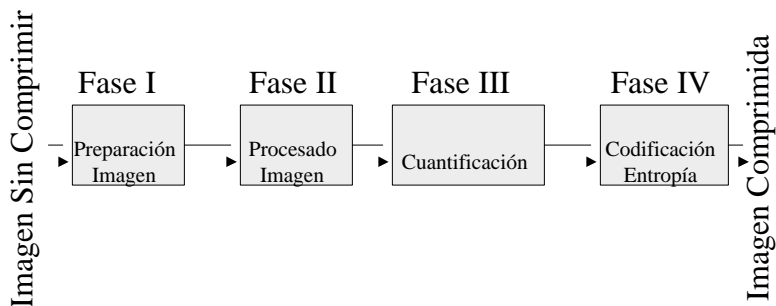
Nombre y versión actual	TIFF 6.0 (Tagged Image File Format)	GIF 89a (Graphics Interchange Format)	JPEG (Joint Photographic Expert Group)/JFIF (JPEG File Interchange Format)	Flashpix 1.0.2	ImagePac, Photo CD	PNG 1.2 (Portable Network Graphics)	PDF 1.3 (Portable Document Format)
Extensión (Extensiones)	.tif, .tiff	.gif	.jpeg, .jpg, .jif, .jfif	.fpx	.pcd	.png	.pdf
Profundidad (es) de bits	Bitonal a 1 bit; escala de grises o color de paleta de 4 u 8 bits; hasta color de 64 bits[1]	Bitonal, escala de grises o color entre 1 y 8 bits	Escala de grises a 8 bits; color a 24 bits	Escala de grises a 8 bits; color a 24 bits	Color a 24 bits	1-48 bits; color a 8 bits, escala de grises a 16 bits, color a 48 bits	Escala de grises a 4 bits; color a 8 bits; soporta hasta 64 bits para color
Compresión	Descomprimido sin pérdida: ITU-T.6, LZW, etc. Con pérdida: JPEG	Sin pérdida: LZW[2]	Con pérdida: JPEG Sin pérdida: [3]	Descomprimido Con pérdida: JPEG	Con pérdida: Formato patentado Kodak "sin pérdida visual"[4]	Sin pérdida: Deflate, derivado de LZ77	Descomprimido Sin pérdida: ITU-T.6, LZW Con pérdida: JPEG
Estándar / patentado	Estándar de facto	Estándar de facto	JPEG: ISO 10918-1/2 JFIF: estándar de facto[5]	Especificación disponible para el público	Patentado	ISO 15948 (anticipado)[6]	Estándar de facto[7]
Gestión de color	RGB, Paleta, YCbCr, [8] CMYK, CIE L*a*b*	Paleta	YCbCr	PhotoYCC y NIF RGB [9] ICC (opcional)	PhotoYCC	Paleta, sRGB, ICC	RGB, YCbCr, CMYK

Imagen digital. Conceptos (VII)

Nombre y versión actual	TIFF 6.0 (Tagged Image File Format)	GIF 89a (Graphics Interchange Format)	JPEG (Joint Photographic Expert Group)/JFIF (JPEG File Interchange Format)	Flashpix 1.0.2	ImagePac, Photo CD	PNG 1.2 (Portable Network Graphics)	PDF 1.3 (Portable Document Format)
Soporte de metadatos	Conjunto básico de rótulos etiquetados	Campo de texto libre para comentarios	Campo de texto libre para comentarios	Gran conjunto de rótulos etiquetados	A través de bases de datos externas; no posee metadatos inherentes	Conjunto básico de rótulos etiquetados más rótulos definidos por el usuario.	Conjunto básico de rótulos etiquetados
Comentarios	Acepta imágenes y archivos múltiples[11]	Se puede reemplazar por PNG; Soporte de entrelazado y transparencia a través de la mayoría de los navegadores Web	JPEG progresivo ampliamente soportado por los navegadores Web[12]	Proporciona múltiples resoluciones de cada imagen; amplio soporte de la industria, pero aplicaciones actuales limitadas	Proporciona 5 ó 6 resoluciones diferentes de cada imagen; futuro incierto	Puede reemplazar a GIF	Preferido para imprimir y ver documentos de páginas múltiples; uso intensivo por parte del gobierno

Sistema de Compresión de Imágenes

- Fases: preparación de la imagen, procesado, cuantificación, codificación de entropía.



Sistema de Compresión de Imágenes

- Formato de Datos Comprimidos: cabecera (comienzo, técnica de compresión, datos, código de corrección de errores).
- La descompresión es el proceso inverso a la compresión: se recupera la imagen original.
- Dos tipos de sistemas: *simétricos* (mismo tiempo compresión y descompresión), *asimétricos* (tiempos diferentes).

Estándares de Compresión

- Compresión: se utiliza para reducir el tamaño del archivo de imagen para su almacenamiento, procesamiento y transmisión.
- Existen técnicas de compresión estándar y otras patentadas.
- Sistemas:
 - Sin pérdida: abrevian el código binario sin desechar información. Por ejemplo, ITU-T.6
 - Con pérdida: utilizan una manera de compensar o desechar información menos importante, basada en un entendimiento de la percepción visual. Por ejemplo, JPEG.

Medida de la compresión

$$\text{Factor de compresión} = \frac{\text{Número de bits imagen original}}{\text{Número de bits imagen comprimida}} \quad \text{Bits/pixel} = \frac{\text{Número de bits imagen comprimida}}{\text{Número de pixels}}$$



Imagen original
256 x 256 x 8 bits

$$\text{Bits/pixel} = \frac{40.000}{256 \times 256} = 0.61 \text{ bpp}$$



Imagen comprimida
40.000 bits

$$\text{F. C.} = \frac{8 \text{ bpp}}{0.61 \text{ bpp}} = 13.1$$

JPEG

- Joint Photographic Experts Group (JPEG) es un estándar de ISO y de ITU-T, 1992.
- Compresión de imágenes fijas, tanto en escala de grises como en color.
- Rango de compresión: 1/10 a 1/50.
- Aplicaciones: fax, imagen médica, desktop publishing, artes gráficas, periódicos electrónicos, etc.

Objetivos de JPEG

- El codificador ha de ser parametrizable.
- Sin restricciones en el rango de colores, tamaños de las imágenes, etc.
- Complejidad computacional tratable.
- Posibilidad de implementación en Hardware con un coste viable.
- Modos de operación: 1) codificación secuencial, 2) codificación progresiva, 3) sin pérdidas y 4) jerárquica.

Modos de operación

- 1) **Secuencial**: la imagen se codifica de una única pasada, en el sentido izquierda-derecha y arriba-abajo.
- 2) **Progresiva**: la imagen se codifica en múltiples pasadas para aplicaciones en con tiempo de transmisión largo. La reconstrucción de la imagen se realiza en pasadas de grueso a fino.
- 3) **Sin pérdidas**: la imagen se codifica para garantizar la recuperación exacta de cada valor de la imagen.
- 3) **Jerárquica**: la imagen se codifica en múltiples resoluciones de manera que la resolución inferior pueda ser accedida sin descomprimir la imagen a resolución total.

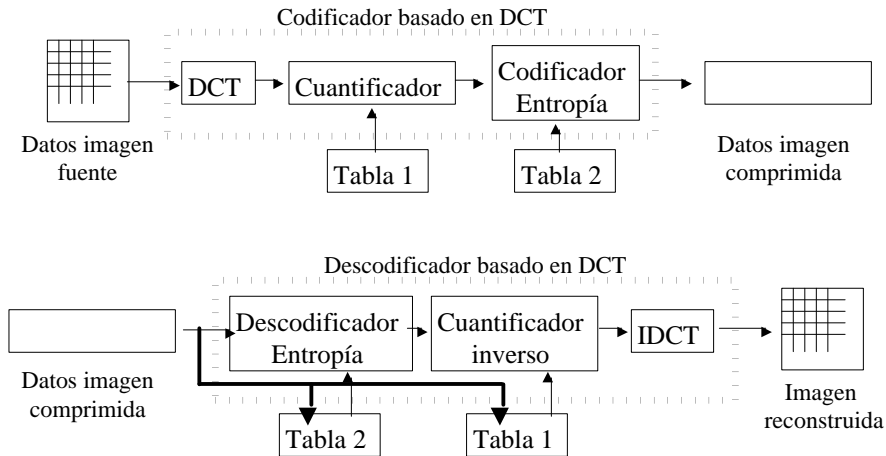
Proceso de Compresión JPEG

- Preparación de Mapas de Bloques
- Codificación de Fuente:
 - Transformada Discreta del Coseno (DCT)
 - Cuantificación
- Codificación de Entropía
 - Codificación Run-Length
 - Códigos Huffman

Proceso de descompresión JPEG

- Descodificación de Entropía
 - Códigos Huffman
 - Codificación Run-Length
- Descodificación de Fuente:
 - Cuantificación Inversa
 - Transformada Discreta del Coseno Inversa (IDCT)

Compresión/Descompresión JPEG



Pasos Compresión JPEG (I)

- Preparación de los Bloques de Datos: los bloques se tratan de manera individualizada en matrices de 8x8 pixels.
- Transformada Discreta del Coseno: el componente espacial se transforma al dominio de frecuencias. El proceso es reversible.
- La salida son 64 coeficientes DCT, (x,y). El coeficiente DC corresponde al par (0,0) y contiene una parte significativa de la energía de la señal.

Pasos Compresión JPEG (II)

- Cuantificación. Se trata de un proceso muchos-a-uno por lo que es con pérdidas.

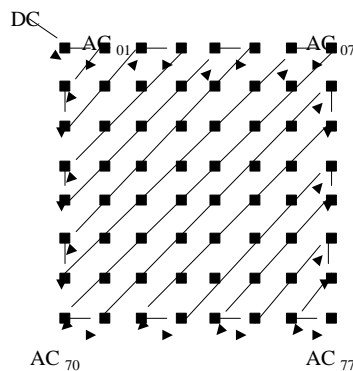
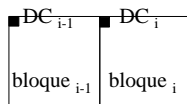
Se toma una tabla de cuantificación de modo que se representen los coeficientes con una precisión no mayor a la necesaria para conseguir una calidad adecuada de la imagen.

$$F'(u,v) = \text{Integer Round} [F(u,v)/Q(u,v)]$$

Los valores a la salida se ordenan en zig-zag para conseguir mayor posibilidad de compresión durante la codificación de entropía.

Pasos Codificación JPEG (III)

- Secuencia en zig-zag



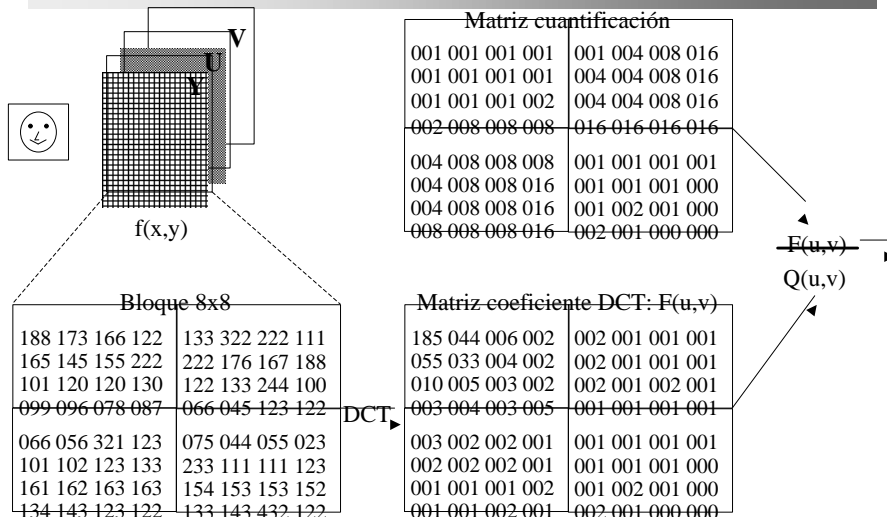
Descompresión JPEG

- Descodificación de Entropía. Se deshace la codificación Run-Lenth y Huffman.
- Descodificación de Fuente: Transformada Discreta del Coseno Inversa.

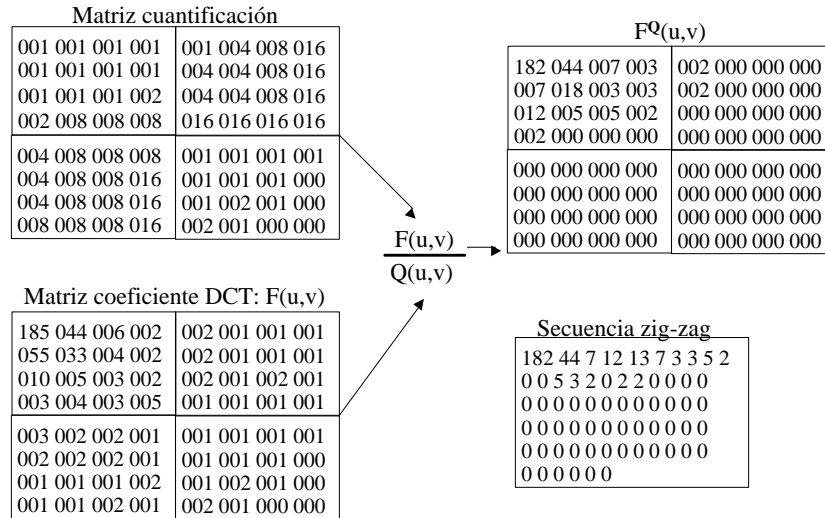
$$F(u,v) = F'(u,v) * Q(u,v)$$

Los 64 coeficientes DCT por bloque de 8x8 pixels, son utilizados para reconstruir la imagen original

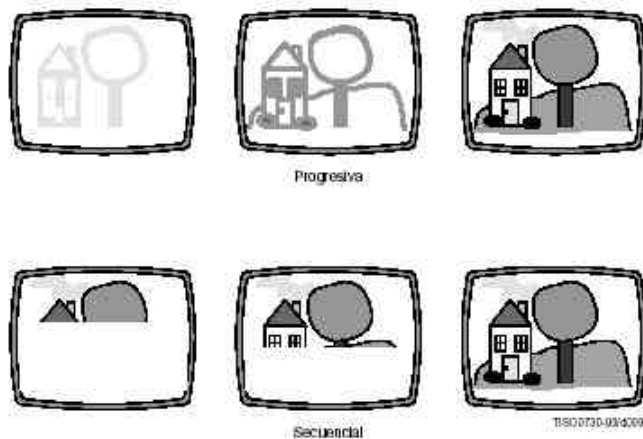
JPEG: Ejemplo



JPEG: Ejemplo (II)



Modo de Operación Progresivo



Modo de Operación Jerárquico

- Una imagen se codifica como una secuencia de *frames*.
- El modo de operación jerárquico ofrece una reconstrucción progresiva de la imagen.
- Puede conseguirse mediante *sub-sampling* de los *frames* precedentes, comenzando por el tamaño mínimo de imagen, y continuando con tamaños de imagen mayores, simulando una pirámide.

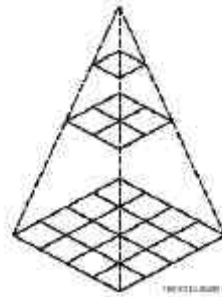


Figure 11- Codificación jerárquica con resolución variable

Imágenes Multi-Componentes

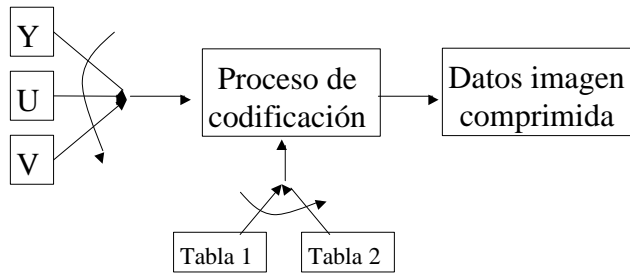
- El estándar JPEG puede contener hasta 255 componentes, referidas como bandas espectrales o canales.

Ej: Componentes Y, C1, C2.

Para conocer el valor de un componente se definen relaciones de aspecto, H y V que son factores relativo de muestreo horizontal y vertical respectivamente.

Múltiples Tablas de Codificación

- Los decodificadores JPEG pueden almacenar hasta 4 tablas de cuantificación.
- Es necesario conmutar entre ellas adecuadamente.



JBIG

- Joint Bi-level Image Group, ISO/IEC Standard 11544:1993.
- Imágenes de dos tonos: Bi-tonal, Bi-level
- Pensado para redes de telefonía.
- Codificación secuencial/progresiva.
- Compresión sin pérdidas (e.g. Imagen médica)
- Utiliza codificación de Entropía Q-coder.

Codificación por bloques

- Técnica de codificación por bloques sin pérdidas
- Codifica un grupo de píxeles de golpe, buscando redundancias en la imagen, en forma de patrones repetidos.
- La codificación por bloques se realiza utilizando una tabla de diferentes patrones de brillo de los píxeles, llamada “libro de códigos”.
- El proceso se inicia con un libro de códigos de 256 entradas (para una imagen de 8 bits), cada uno con un patrón simple de brillo, de 1 píxel.
- El libro se incluye en el archivo con la imagen comprimida para poder descomprimirla.
- Se consiguen ratios entre 2:1 y 3:1

LZW (Lemple-Ziv-Welch)

- Sistema de compresión sin pérdidas
- Propiedad de la empresa Unisys
- Compresor tipo diccionario
- Reemplazalas cadenas de caracteres iguales del fichero por códigos numéricos únicos.
- Niveles de compresión máxima de 2:1
- Recomendable para comprimir ficheros con muchas datos repetidos: imágenes sencillas, monocromáticas o con áreas de color de gran tamaño.
- Se utiliza en formatos TIFF, GIF, Postscript

LZW (I)

- Se inicializa el libro con 256 entradas (píxeles simples)
- Se examina cada píxel de la imagen, uno a uno, avanzando por las líneas.
- Cuando se evalúa un nuevo píxel, el compresor añade el brillo al bloque actual, expandiendo el bloque en un píxel más.
- Si el nuevo bloque no está en el libro, se añade.
- Si el nuevo bloque está en el libro, el proceso se repite añadiendo más y más píxeles al bloque hasta que el bloque no se encuentre en el libro.

LZW (II)

- Cuando el libro está lleno (dependiendo del número de bits usados para los códigos) el compresor LZW compara bloques de píxeles de la imagen con el libro, buscando las coincidencias más largas.
- El bloque de píxeles queda representado por el código apropiado a la entrada correspondiente del libro.

GIF (Graphic Interchange Format)

- Desarrollado por Compuserve (licenciado por Unisys [LZW])
- Formato de mapa de bits: en cada imagen hay una tabla que indica los colores contenidos en la imagen (paleta)
- Profundidad de bits máxima de 8 bits => 256 colores
- Sistema de compresión sin pérdida: LZW
- Permite el almacenamiento en modo entrelazado: al mostrar se hace una presentación progresiva
- GIF89a: permite asociar un color como transparente y pequeñas animaciones.

PNG (Portable Network Format)

- Formato muy moderno y totalmente libre
- Profundidad máxima de 48 bits
- Compresión sin pérdida LZ77
- Permite el almacenamiento en modo entrelazado: al mostrar se hace una presentación progresiva
- Soporta transparencias (con distintos grados de transparencia)
- No soporta animaciones

PNG (I)

- Características comunes con GIF:
 - Imágenes de mapa de bits hasta 256 colores
 - Presentación progresiva
 - Transparencia
 - Independencia de hw y plataforma
 - Compresión sin pérdidas
- Nuevas características:
 - Color real, hasta 48 bits por píxel
 - Escala de grises, hasta 16 bits por píxel
 - Alfa channel completo (niveles de transparencias)
 - Detección fiable de corrupción de fichero
 - Rápida presentación inicial en modo progresivo

PNG (II)

- Diseñado para ser:
 - Simple y portable
 - Libre (sin patentes)
 - Buena compresión sin pérdidas
 - Interoperable: cualquier decodificador PNG debe leer cualquier fichero PNG.
 - Flexible: permite extensiones futuras sin comprometer la interoperabilidad
 - Robusto: soporta comprobación de integridad de fichero y rápida detección de errores de transmisión.